

**INTEGER LINEAR PROGRAMMING SEBAGAI MODEL ALTERNATIF
PENJADWALAN RUANG KULIAH DI FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS
PATTIMURA AMBON (STUDI KASUS PADA JURUSAN TEKNIK INDUSTRI)**

Meiske D. Sopacua

Program Studi Teknik Industri Unpatti
e-mail : delasopacua08@gmail.com

Daniel B. Paillin

Program Studi Teknik Industri Unpatti
e-mail : dani_ti_fatek@yahoo.co.id

ABSTRAK

Penjadwalan merupakan suatu proses penting dalam perkuliahan yang dilakukan dengan mengisi sejumlah komponen berupa mata kuliah, dosen, kelas, dan semester ke dalam timeslot yang berisi komponen waktu dan ruang. Sistem penjadwalan di Fakultas Teknik Universitas Pattimura Ambon yang dibuat masih manual, belum efektif, efisien, dan dapat dipakai dalam jangka panjang. Integer linear programming adalah metode yang dapat memodelkan persoalan penjadwalan dengan berbagai kendala yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan universitas. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan formulasi fungsi kendala, fungsi tujuan, solusi optimal, dan analisis sensitivitas dalam aplikasi integer linear programming untuk penjadwalan perkuliahan serta mendapatkan penjadwalan perkuliahan yang lebih baik dengan menggunakan metode integer linear programming. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Fungsi tujuan dan fungsi kendala dalam penjadwalan dapat dirumuskan sehingga didapatkan solusi optimal. Salah satunya adalah tidak ada penjadwalan yang bentrok bagi dosen yang mengampu lebih dari satu mata kuliah.

Kata kunci : Sistem Penjadwalan, Integer Linear Programming, Analisis Sensitivitas

ABSTRACT

Scheduling is an important process in courses that established by filling numbers of component like major, lecturer, class and semester in timeslot, consisting of time and room. Scheduling systems of Engineering Faculty of Pattimura University perform manually that are not effective and efficient yet and might not be used for a long-term. Integer linear programming is a method to modeling scheduling problems with various obstacles that fitted to university needs. The aims of research are to formulate obstacles functions, objective function, optimal solution and sensitivity analysis of integer linear programming; and to obtain the best courses schedule using integer linear programming method. The result shows that obstacles functions could be formulated for getting an optimal solution. There is not a clashed schedule among lecturers who teaches more than one course.

Keywords: Scheduling Systems, Integer Linear Programming, Sensitivity Analysis

PENDAHULUAN

Pada perguruan tinggi, sering menerapkan sistem penjadwalan yang dibuat secara manual yaitu dengan mengisi jadwal pada blok atau kolom yang masih kosong hingga penuh terisi dengan jadwal pasangan ruang dan mata kuliah. Dengan penyusunan jadwal seperti ini maka akan memerlukan waktu yang cukup lama, dan sering mengabaikan berbagai aspek pertimbangan sehingga jadwal yang telah dibuat seringkali diperbaiki. Oleh karena itu maka perlu dicari solusi dalam permasalahan ini.

Fakultas Teknik adalah salah satu fakultas yang ada di Universitas Pattimura, merupakan salah satu fakultas dengan penambahan program studi yang relative baru mengakibatkan peningkatan jumlah mahasiswa dari tahun ke tahun semakin meningkat. Peningkatan jumlah mahasiswa ini akan

menimbulkan masalah penjadwalan pemakaian ruang kuliah, karena kebutuhan ruang kelas semakin tinggi.

Untuk menyelesaikan penjadwalan pihak Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Unpatti belum menerapkan suatu metode ilmiah yang efektif, efisien, dan dapat dipakai dalam jangka panjang. Metode *integer linear programming* merupakan salah satu metode matematis yang dapat dipakai dalam penentuan jadwal perkuliahan tersebut. Metode ini dapat memodelkan persoalan penjadwalan dengan berbagai kendala yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan universitas. Metode *integer linear programming* diharapkan akan menghasilkan penjadwalan yang lebih sistematis dengan metode yang matematis.

Adapun Tujuan dari penelitian ini adalah : 1. Mendapatkan formulasi fungsi kendala, fungsi tujuan, solusi optimal, dan analisis sensitivitas dalam aplikasi *integer linear programming* untuk penjadwalan perkuliahan; 2. Mendapatkan penjadwalan perkuliahan yang lebih baik dengan metode *integer linear programming*.

LANDASAN TEORI

Penjadwalan

Kegiatan penjadwalan merupakan usaha pengaturan waktu dari kegiatan mengalokasikan dosen pengajar dan atau mahasiswa terhadap waktu perkuliahan yang paling efisien bagi dosen dan atau mahasiswa tersebut. Pengalokasian waktu perkuliahan yang efisien dan efektif akan lebih meningkatkan hasil belajar-mengajar dalam perkuliahan tersebut.

Persoalan Penjadwalan pada Universitas (*University Timetabling Problem*)

Universitas adalah perguruan tinggi yang menyelenggarakan pendidikan akademik dan/atau vokasi dalam sejumlah ilmu pengetahuan, teknologi, dan/atau seni dan jika memenuhi syarat dapat menyelenggarakan pendidikan profesi (wikipedia.co.id). Dalam masalah penjadwalan, universitas memiliki karakteristik tertentu, yaitu :

1. Struktur dari matakuliah universitas, dimana beberapa matakuliah tidak hanya membutuhkan seorang dosen, namun juga asisten misalnya asisten untuk laboratorium.
2. Tipe matakuliah universitas, yaitu adanya matakuliah pilihan dan matakuliah wajib.
3. Ketersediaan sumber daya, sumber daya yang dimaksud yaitu ruang kuliah dan dosen pengajar.

Penjadwalan pada universitas memiliki beberapa kendala/constraint yang harus dipenuhi, kendala tersebut terdiri atas *hard constraint* dan *soft constraint*. *Hard constraint* merupakan kendala yang mutlak harus dipenuhi dalam penjadwalan, sedangkan *soft constraint* merupakan kendala yang berprioritas lebih rendah dan tidak mutlak untuk diterapkan dalam penjadwalan (Cahyani, 2007). Contoh *hard constraint* yaitu :

- a. Tidak terdapat dosen yang mengajar mata kuliah yang berbeda pada waktu yang sama.
- b. Mata kuliah dengan bobot kurang dari 4 sks dijadwalkan dengan 1 kali pertemuan dalam seminggu.
- c. Hari aktif untuk perkuliahan adalah hari Senin hingga Jumat.

Sedangkan contoh *soft constraint* yaitu :

- a. Dosen dapat memesan waktu mengajar tertentu yang diinginkan.
- b. Penempatan jadwal untuk waktu yang telah dipesan dosen disesuaikan dengan prioritas dosen.
- c. Kelas paralel ditempatkan pada waktu bersamaan, kecuali apabila mempunyai dosen pengajar yang sama.

Pemograman Linier

Linear programming/pemograman linier adalah suatu metoda analitik yang paling terkenal yang merupakan suatu bagian kelompok teknik-teknik yang disebut programasi matematik. Ciri-ciri pemograman linier menurut Anderson, Sweeney, dan Williams (1994:31):

1. Memiliki tujuan yang ingin dicapai yaitu berupa memaksimumkan atau meminimumkan kuantitas;
2. Adanya kendala (konstrain) yang membatasi tingkat pencapaian tujuan.

Menurut Suyitno(1997:2) terdapat beberapa tahapan untuk memecahkan masalah program linier, yaitu :

1. Memahami masalah di bidang yang bersangkutan;
2. Menyusun model matematika;
3. Menyelesaikan model matematika (mencari jawaban model);
4. Menafsirkan jawaban model menjadi jawaban atas masalah yang nyata;

Integer Linear Programming

ILP merupakan model program linier dengan persyaratan tambahan yaitu beberapa atau semua variabel keputusan harus merupakan bilangan bulat. Penggunaan variabel bilangan bulat memberikan tambahan fleksibilitas dalam pembuatan model (Anderson, Sweeney, dan Williams, 1994: 316).

Model pemrograman bulat dapat juga digunakan untuk memecahkan masalah dengan jawaban ya atau tidak (*yes or no decision*), untuk model ini variabel dibatasi menjadi dua, misal 1 dan 0, jadi keputusan ya atau tidak diwakili oleh variabel, katakanlah, x_j , menjadi :

$$X_j = \begin{cases} 1, & \text{untuk keputusan ya} \\ 0, & \text{untuk keputusan tidak} \end{cases}$$

Model ini seringkali disebut sebagai model pemrograman bulat biner.

Analisis Sensitivitas

Taylor (2006:81) menyatakan saat model program linier diformulasikan secara implisit diasumsikan bahwa parameter-parameter model diketahui dengan pasti. Parameter ini terdiri dari koefisien fungsi tujuan dan koefisien batasan. Namun, sesungguhnya jarang sekali manajer mengetahui parameter-parameter ini dengan tepat.

“Analisis sensitivitas ditujukan untuk mengetahui kepekaan (sensitivitas) dari solusi optimal yang telah didapatkan dari suatu persoalan PL terhadap perubahan koefisien (parameter) dalam model/formulasi PL. Karena analisis ini dilakukan pada suatu solusi optimal, analisis sensitivitas disebut juga dengan analisis pasca optimal (*Postoptimal Analysis*)” (Paramu, 2006:96).

Analisis sensitivitas dapat dikelompokkan berdasarkan perubahan-perubahan parameter (Yusup, 2008:2) :

- Perubahan koefisien fungsi tujuan,
- Perubahan koefisien input-output,
- Perubahan nilai sebelah kanan fungsi kendala,
- Adanya tambahan fungsi kendala baru,
- Adanya tambahan perubahan variabel pengambilan keputusan,

METODOLOGI PENELITIAN

Variabel-Variabel Data yang Diperlukan

Variabel-variabel data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

Dalam penelitian ini yang menjadi variabel penelitian ialah sebagai berikut :

- Fungsi Tujuan dalam model *Integer Linear Programming* adalah meminimalkan ketidaksukaan dosen terhadap waktu perkuliahan.

$$\text{Min } Z = \sum X_{ijkl} * C_k$$

- Kendala-kendala sasaran untuk model ini adalah :

- Setiap anggota pengajar/dosen ditugaskan pada satu mata kuliah dan pada satu waktu.

$$X_{ijkl} = 1$$

- Dosen tidak boleh bersamaan waktunya dalam mengajar beberapa mata kuliah yang diampu dengan ketentuan tidak boleh berurutan.

$$X_{ijkl(a)} + X_{ijkl(b)} = 1$$

- Mata kuliah untuk semester saat ini tidak boleh saling bentrok.

$$X_{ijkla1} + X_{ijkla2} = 1$$

- Tidak memungkinkan satu mata kuliah diadakan pada jam yang sama di ruangan yang berbeda.

- Jumlah mahasiswa mata kuliah i yang dijadwalkan pada ruang j tidak melebihi kapasitas ruang j tersebut.

- Setiap ruang kelas yang ada maksimal digunakan 10 SKS untuk setiap harinya.

- Semua variabel yang diizinkan adalah variable nonnegatif integer.

Metode Analisis Data

Untuk menjawab tujuan penelitian yang telah disebutkan dalam Bab I, maka tahapan analisis data sebagai berikut :

- Start yaitu tahap awal atau persiapan, meliputi kegiatan perumusan masalah, penetapan tujuan serta persiapan lainnya berkaitan dengan penelitian.
- Tahap pengumpulan data yaitu mengumpulkan data yang diperlukan melalui observasi, wawancara, dan studi pustaka.
- Melakukan pembuatan konstrain dan fungsi tujuan untuk menghasilkan jadwal yang memenuhi kendala tersebut.

4. Menyelesaikan persamaan *Integer Linear Programming* yang berupa fungsi kendala dan fungsi tujuan sehingga didapatkan jadwal perkuliahan dengan model ILP.
5. Melakukan analisis sensitivitas melalui simulasi perubahan parameter.
6. Membahas hasil penjadwalan.
7. Menarik kesimpulan dari hasil penjadwalan yang dihasilkan dan memberikan saran sesuai dengan hasil yang diperoleh.
8. Stop yaitu hasil akhir dari seluruh penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Definisi Operasional Variabel

Penelitian ini dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan penjadwalan perkuliahan atau *university timetabling problem*. Permasalahan penjadwalan perkuliahan terdiri atas beberapa parameter yang nantinya akan menjadi variable keputusan. Parameter-parameter tersebut terdiri atas hari kuliah, sesi kuliah per hari, dosen pengajar, dan mata kuliah.

Nama Hari dan Sesi beserta Kode

Hari Kuliah	Kode Hari	Sesi Kuliah	Kode Sesi
Senin	1	08.00-09.40	1
Selasa	2	10.00-11.40	2
Rabu	3	12.00-13.40	3
Kamis	4	14.00-15.40	4
		16.00-17.40	5

Nama Dosen dan Kode Dosen

No	Nama Dosen	Kode Dosen	No	Nama Dosen	Kode Dosen
1	Ir. D. Tumanan, MSIE	01	16	Nn. Imelda Ch. Poceratu, M. Teol	16
2	Dr. Ir. M. Tukan, BSE, MT	02	17	S. Litololy, S.Si, MT	17
3	Ir. A. Rahawarin, MSIE	03	18	Ir. D. Ilela, MT	18
4	Ir. J. Liklikwatil, MT	04	19	M. Talakua, S.Pd, M.Si	19
5	Ir. B. Jamlean, MSi	05	20	Ny. M. Y. S. Risakotta, S.Si, M.Sc	20
6	Ny. A. L. Kakerissa, ST, MT	06	21	A. Y. Leiwakabessy, ST, MT	21
7	N. E. Maitimu, ST, MT	07	22	Ir. R. Ufie, MT	22
8	Nn. M. L. Pattiaapon, ST	08	23	F. J. D. C. Tanasale, S.Si, M.Si	23
9	Johan. M. Tupan, ST, MT	09	24	Ir. P. W. Tetelepta, MT	24
10	Hanok. Mandako, ST,MT	10	25	Ny. R. Suat, S.Ag	25
11	Aminah. Soleman, ST,MT	11	26	P. D. Narahayaan, S.Pak, M.Hum	26
12	Stevianus Titaley, ST, MSi	12	27	Ir. A. Simanjuntak, MT	27
13	Daniel B. Paillin, ST, MT	13	28	Ir. Ny. M. Amba, M.Si	28
14	Victor O. Lawalata, ST, MT	14	29	Ny. S. S. Alfons, SH, M.Hum	29
15	Richard A. de Fretes, ST,MT	15	30	Ny. M. Manuputty, ST, M.Kes	30

Mata Kuliah dan Kode Mata Kuliah

Semester	Nama Mata Kuliah	Kode	Semester	Nama Mata Kuliah	Kode
Semester I	Material Teknik A	01	Semester V	Pengetahuan Lingkungan	27
	Material Teknik B	02		Analisa Biaya	28
	Kalkulus I A	03		Perancangan Alat Bantu	29
	Kalkulus I B	04		Hukum Perburuhan & Perindustrian	30
	Pengantar Teknik Industri A	05		Manajemen Perusahaan Industri	31
	Pengantar Teknik Industri B	06		Sistem Basis Data	32
	Fisika Dasar A	07		Psikologi Industri	33
	Fisika Dasar B	08		Penelitian Operasional II	34
	Menggambar Teknik A	09		Sistem Produksi	35
	Menggambar Teknik B	10	Semester VII	Manajemen Sumber Daya Manusia*	36
	Kimia Dasar A	11		Pemodelan Sistem	37
	Kimia Dasar B	12		Manajemen Proyek*	38
	Pengantar Ekonomi A	13		Tata Letak Pabrik	39
	Pengantar Ekonomi B	14		Kewirausahaan	40
Semester III	Dasar Komputer & Pemograman	15		Metode Peramalan*	41
	Ekonomi Teknik A	16		Rekayasa Produktivitas*	42
	Ekonomi Teknik B	17		Teknik Keselamatan Kerja	43
	Agama Kristen Protestan	18		Analisa Keputusan*	44
	Agama Hindu/Budha	19		Sistem Logistik*	45
	Agama Islam	20		Biomekanika Kerja*	46
	Agama Kristen Khatolik	21		Sistem Informasi Manajemen*	47
	Statistik Industri	22		Metode Penelitian	48
	Vektor Dan Matriks	23		Perencanaan Industri Maritim*	49
	Perilaku & Peranc. Organisasi	24			
	Elektronika Industri	25			
	Praktikum. Proses Manufaktur	26			

Formulasi Fungsi Tujuan

Fungsi tujuan dalam penelitian penjadwalan ini berupa fungsi minimisasi ketidaksukaan dosen terhadap waktu perkuliahan. Fungsi tujuan tersebut berupa penjumlahan variable-variabel penjadwalan memiliki koefisien yang disesuaikan dengan prioritas waktu perkuliahan yang disukai oleh dosen.

Pengalokasian Dosen Terhadap Mata Kuliah

NO	NAMA DOSEN	NAMA MATA KULIAH
1	Ir. D. Tumanan, MSIE	Pengantar Teknik Industri B
2	Dr. Ir. M. Tukan, BSE, MT	Statistika Industri
3	Ir. A. Rahawarin, MSIE	Ekonomi Teknik A
4	Ir. J. Liklikwatil, MT	Perencanaan Industri Maritim
5	Ir. B. Jamlean, MSi	Vektor Dan Matriks
6	Ny. A. L. Kakerissa, ST, MT	Ekonomi Teknik B
7	N. E. Maitimu, ST, MT	Metode Peramalan
8	Nn. M. L. Pattiapon, ST	Material Teknik B
9	Johan. M. Tupan, ST, MT	Menggambar Teknik A
10	Hanok. Mandako, ST, MT	Pengantar Ekonomi A
11	Aminah. Soleman, ST, MT	Manajemen Perusahaan Industri
12	Stevianus Titaley, ST, MSi	Manajemen Sumber Daya Manusia
13	Daniel B. Paillin, ST, MT	Sistem Produksi
14	Victor O. Lawalata, ST, MT	Rekayasa Produktivitas
15	Richard A. de Fretes, ST, MT	Perancangan Alat Bantu
16	Nn. Imelda Ch. Poceratu, M. Teol	Tata Letak Pabrik
17	S. Litiloly, S.Si, MT	Penelitian Operasional II
18	Ir. D. Iela, MT	Pemodelan Sistem
19	M. Talakua, S.Pd, M.Si	Manajemen Proyek
20	Ny. M. Y. S. Rtsakotta, S.Si, M.Sc	Sistem Informasi Manajemen
21	A. Y. Leiwakabessy, ST, MT	Perancangan Organisasi
22	Ir. R. Uffe, MT	Psikologi Industri
23	F. J. D. C. Tanasale, S.Si, M.Si	Biomekanika Kerja
24	Ir. P. W. Tetelepta, MT	Pengantar Ekonomi B
25	Ny. R. Suat, S.Ag	Kewirausahaan
26	P. D. Narahayuan, S.Pak, M.Hum	Dasar Komputer & Pemograman
27	Ir. A. Simanjuntak, MT	Sistem Basis Data
28	Ir. Ny. M. Amba, M.Si	Sistem Logistik
29	Ny. S. Alfons, SH, M.Hum	Pengantar Industri A
30	Ny. M. Manuputti, ST, M.Kes	Analisis Keputusan
		Metode Penelitian
		Kalkulus I B
		Analisa Biaya
		Agama Kristen Protestan
		Fisika Dasar A
		Material Teknik A
		Kalkulus I A
		Fisika Dasar B
		Menggambar Teknik B
		Kimia Dasar B
		Kimia Dasar A
		Praktikum Proses Produksi
		Pendidikan Agama Islam
		Pendidikan Agama Khatolik
		Elektronika Industri
		Pengetahuan Lingkungan
		Hukum Perburuhan & Perindustrian
		Teknik Keselamatan Kerja

Fungsi tujuan yang berupa minimasi ketidaksukaan waktu perkuliahan bagi setiap dosen dapat dinotasikan sebagai berikut :

Minimumkan : $Z_j = 3X_{110106} + 1X_{120106} + 2X_{130106} + \dots + 3X_{413043} + 1X_{423043} + 2X_{433043}$;

Sebagai contoh variabel $3X_{110106}$, memiliki makna bahwa penjadwalan pada hari Senin, sesi 1, Dosen berkode 01, dan mata kuliah 06 memiliki ranking/berkoefisien 3. Koefisien 3 memiliki makna bahwa bagi Dosen berkode 01, sesi 1 merupakan waktu perkuliahan yang moderat.

Formulasi Fungsi Kendala

Fungsi kendala dalam penjadwalan dapat dibagi menjadi dua, yaitu fungsi kendala untuk dosen dan fungsi kendala untuk mata kuliah. Fungsi kendala untuk dosen dibagi lagi menjadi tiga fungsi kendala. Fungsi-fungsi kendala tersebut dibuat untuk menghasilkan penjadwalan yang sesuai dengan kebutuhan perkuliahan. Berikut ini penjelasan tentang beberapa fungsi kendala dalam model *integer linear programming* yang digunakan untuk penjadwalan perkuliahan.

a. Fungsi Kendala untuk Dosen

Fungsi Kendala untuk dosen dibagi menjadi tiga yaitu :

1. Fungsi kendala penjadwalan dosen terhadap mata kuliah agar penjadwalan setiap mata kuliah tersebut tepat pada satu waktu penjadwalan.

Tujuan dari fungsi kendala ini yaitu agar setiap penjadwalan perkuliahan untuk seorang dosen pada satu mata kuliah hanya dijadwalkan satu kali dalam seminggu. Berdasarkan penjadwalan sebelumnya dapat disimpulkan bahwa setiap penjadwalan perkuliahan selalu berjumlah satu penjadwalan dalam seminggu untuk semua mata kuliah yang dijadwalkan. Contoh fungsi kendala ini untuk Dosen berkode 1 yaitu:

$$X_{110106} + X_{120106} + X_{130106} + X_{210106} + X_{220106} + X_{230106} + X_{310106} + X_{320106} + X_{330106} + X_{410106} + X_{420106} + X_{430106} = 1 ;$$

Fungsi kendala untuk dosen berkode 1 diatas memiliki makna bahwa penjadwalan untuk Dosen berkode 01 dan mata kuliah 06 hanya dijadwalkan sekali dalam satu minggu. Fungsi kendala untuk Dosen berkode 02 sampai dengan 30 dapat lihat di Lampiran 3.

2. Fungsi kendala penjadwalan dosen terhadap mata kuliah agar penjadwalan dosen yang mengampu lebih dari satu mata kuliah, penjadwalannya tidak saling bentrok.

Tujuan dari fungsi kendala ini yaitu agar setiap dosen yang mengampu lebih dari satu mata kuliah tidak berbenturan waktunya dengan perkuliahan pada mata kuliah lain yang juga diampu oleh dosen tersebut. Permasalahan ini masih sering terjadi pada penjadwalan yang dilakukan selama ini. Berikut ini contoh fungsi kendala untuk Dosen berkode 01 : $X_{110106} + X_{110122} = 1$

Fungsi kendala ini mempunyai makna bahwa penjadwalan untuk Dosen berkode 01 pada hari Senin, sesi 1 untuk mata kuliah 06 dan 22 tidak boleh bersamaan waktunya.

3. Fungsi kendala penjadwalan dosen terhadap waktu perkuliahan agar penjadwalan dosen yang mengampu lebih dari satu mata kuliah tidak boleh berurutan waktunya

Fungsi kendala ini bertujuan untuk memberikan kesempatan kepada dosen untuk beristirahat setelah mengajar sebuah mata kuliah, sehingga dalam mengajar mata kuliah berikutnya dapat optimal. Contoh fungsi kendala ini untuk Dosen berkode 02 yaitu: $X_{110116} + X_{120149} = 1$

Fungsi kendala ini mempunyai makna bahwa penjadwalan untuk Dosen berkode 02 pada hari Senin dan sesi 1 & 2 untuk mata kuliah 16 dan mata kuliah 49 tidak boleh berurutan waktunya.

b. Fungsi Kendala untuk mata kuliah

Fungsi kendala penjadwalan mata kuliah terhadap waktu perkuliahan agar penjadwalan mata kuliah dalam satu semester tidak saling bentrok. Fungsi kendala ini bertujuan agar mahasiswa pada satu semester dapat menempu semua mata kuliah pada semester tersebut tanpa adanya bentrokan jadwal kuliah antara mata kuliah pada semester tersebut. Contoh fungsi kendala untuk semester 1 khusus hari Senin yaitu :

$$X_{110106} + X_{110502} + X_{110509} + X_{110513} + X_{111214} + X_{111405} + X_{111504} + X_{111707} + X_{111801} + X_{111903} + X_{112008} + X_{112110} + X_{112212} + X_{112311} \leq 1 ;$$

Fungsi tersebut memiliki makna bahwa penjadwalan mata kuliah-mata kuliah pada semester 1 yaitu mata kuliah berkode 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09, 10, 11, 12, 13, dan 14 tidak boleh bersamaan waktunya pada hari Senin, sesi 1.

Hasil Analisis Data

Hasil Optimal

Pengolahan data yang dilakukan dalam penelitian ini menghasilkan variabel-variabel yang bernilai 1 dan 0. Nilai tersebut dapat diartikan bahwa variabel yang bernilai 1 merupakan variabel yang mewakili penjadwalan perkuliahan yang akan dijadwalkan, sedangkan variabel yang bernilai 0 merupakan variabel yang mewakili penjadwalan perkuliahan yang tidak akan dijadwalkan. Rincian hasil pengolahan data dengan menggunakan software LP SOLVE IDE.

Hasil Pengolahan Data

NO	Variables	result	NO	Variables	result	NO	Variables	result	NO	Variables	result
		72			72			72			72
1	X110441	1	13	X140417	1	25	X231024	1	37	X341047	1
2	X110735	1	14	X142110	1	26	X231444	1	38	X351240	1
3	X111707	1	15	X151315	1	27	X232212	1	39	X411146	1
4	X112520	1	16	X151448	1	28	X251332	1	40	X412008	1
5	X120631	1	17	X151528	1	29	X310502	1	41	X420216	1
6	X121038	1	18	X210106	1	30	X320122	1	42	X420509	1
7	X122311	1	19	X210249	1	31	X320636	1	43	X420839	1
8	X122426	1	20	X220513	1	32	X321903	1	44	X430323	1
9	X130829	1	21	X220937	1	33	X322827	1	45	X430742	1
10	X131345	1	22	X221618	1	34	X331214	1	46	X431133	1
11	X131405	1	23	X222930	1	35	X332725	1	47	X431801	1
12	X132621	1	24	X230934	1	36	X333043	1	48	X441504	1

Sumber : data diolah

Hasil yang didapat telah memenuhi batasan-batasan yang sebelumnya telah ditentukan.

Hasil Analisis Perubahan Koefisien (Analisis Sensitivitas)

Analisis sensitivitas sebenarnya diperlukan dalam penelitian ini, namun karena keterbatasan kemampuan software yang digunakan, maka analisis sensitivitas tidak dapat menggunakan software, namun dapat dianalisis dengan menggunakan simulasi perubahan secara manual. Perubahan yang dilakukan adalah dengan merubah koefisien fungsi tujuan. Berikut ini simulasi perubahan koefisien yang dilakukan :

Simulasi ini dibuat untuk mengetahui perubahan solusi optimal jika koefisien dalam fungsi tujuan diubah. Pada simulasi perubahan parameter ini, koefisien yang diubah yaitu koefisien dari variabel penjadwalan $3X_{110106}$ yang semula berkoefisien 3 menjadi berkoefisien 2 (turun 1 angka). Hasil optimal dari perubahan koefisien dapat dilihat dibawah ini.

Hasil Simulasi Perubahan Parameter

NO	Variables	result	NO	Variables	result	NO	Variables	result	NO	Variables	result
		71			71			71			71
1	X110441	1	13	X142110	1	25	X231024	1	37	X341047	1
2	X110735	1	14	X151315	1	26	X231444	1	38	X351240	1
3	X112520	1	15	X151448	1	27	X231903	1	39	X411146	1
4	X120631	1	16	X151528	1	28	X251332	1	40	X412008	1
5	X121038	1	17	X152212	1	29	X310502	1	41	X420216	1
6	X122311	1	18	X210106	1	30	X320122	1	42	X420509	1
7	X122426	1	19	X210249	1	31	X320636	1	43	X420839	1
8	X130829	1	20	X220513	1	32	X321801	1	44	X430323	1
9	X131345	1	21	X220937	1	33	X322827	1	45	X430742	1
10	X131405	1	22	X221618	1	34	X331214	1	46	X431133	1
11	X132621	1	23	X222930	1	35	X332725	1	47	X431707	1
12	X140417	1	24	X230934	1	36	X333043	1	48	X441504	1

Pembahasan Hasil Penelitian

Hasil penelitian ini berupa penjadwalan perkuliahan. Sebelumnya telah dibuat formulasi model untuk menghasilkan penjadwalan yang diinginkan. Dari hasil pengolahan data diperoleh kesimpulan bahwa semua penjadwalan yang direncanakan dapat terjadwalkan dengan jumlah yang sesuai yaitu 48 penjadwalan (karena tidak memasukan mata kuliah Agama Hindu/Budha). Hasil tersebut dapat dilihat dari jumlah variabel yang memiliki nilai 1 berjumlah 48 buah.

Setelah mengetahui bahwa jumlah penjadwalan sudah sesuai maka dapat dilanjutkan dengan persyaratan selanjutnya yaitu batasan agar dosen yang mengampu lebih dari satu mata kuliah tidak bentrok waktu perkuliahannya. Hasilnya adalah tidak ada satupun bentrok yang terjadi pada waktu perkuliahan mata kuliah-mata kuliah dengan dosen pengampu yang sama. Sebagai contoh, dapat dilihat pada Dosen berkode 01 yang mengampu mata kuliah 06 dan 22. Penjadwalan Dosen berkode 01 tersebut untuk mata kuliah 06 adalah pada hari Selasa sesi pertama, sedangkan untuk mata kuliah 22 adalah pada hari Rabu sesi kedua. Hal tersebut juga berlaku pada semua dosen yang mengampu lebih dari satu mata kuliah. Kendala tersebut dimasukkan dalam model untuk menghindari terjadinya bentrok perkuliahan bagi dosen yang mengampu lebih dari satu mata kuliah. Jika terjadi bentrok maka dosen tersebut harus memindah sendiri penjadwalan tersebut ke waktu yang memungkinkan. Kendala ini membuat penjadwalan yang dihasilkan menjadi layak untuk digunakan.

Batasan selanjutnya yaitu penjadwalan dosen yang mengampu lebih dari satu mata kuliah tidak boleh berurutan waktunya. Hasilnya adalah tidak ada satupun penjadwalan dosen yang mengampu lebih dari satu mata kuliah yang berurutan waktunya. Contohnya dapat dilihat pada Dosen berkode 02 untuk mata kuliah 16 waktu perkuliahannya yaitu pada hari Kamis sesi kedua, sedangkan untuk dosen yang sama namun untuk mata kuliah berkode 49 waktu perkuliahannya pada hari Rabu sesi pertama. Kendala tersebut dimasukkan ke dalam model untuk memberikan waktu istirahat bagi para dosen agar dapat melakukan kegiatan pengajaran tidak berurutan sehingga dapat mengajar dengan lebih optimal.

Persyaratan yang terakhir adalah mata kuliah-mata kuliah untuk tiap semester tidak boleh saling bentrok waktu perkuliahannya. Hasil pada penelitian ini sudah sesuai yaitu tidak ada satupun mata kuliah pada satu semester yang bentrok waktu perkuliahannya dengan mata kuliah di semester yang lama, dengan pengecualian mata kuliah yang sama dengan dosen yang berbeda masih dapat dijadwalkan bersamaan. Manfaat dari kendala ini yaitu agar mahasiswa dapat mengambil semua mata kuliah dalam satu semester yang penjadwalannya tidak terjadi bentrokan. Kendala ini juga membuat penjadwalan yang dihasilkan menjadi layak untuk digunakan.

Jika dibandingkan dengan penjadwalan sebenarnya yang dilakukan oleh pihak Fakultas Teknik maka dapat disimpulkan bahwa hasil penjadwalan dalam penelitian ini berbeda dengan hasil penjadwalan yang sebelumnya telah dilakukan. Pada penjadwalan yang dilakukan pihak Teknik Industri Fakultas Teknik ada beberapa penjadwalan yang berurutan waktunya untuk seorang dosen yang mengampu lebih dari satu mata kuliah. Selain itu masih ada dosen yang mengajar pada dua mata kuliah di waktu yang bersamaan. Perbandingan antara penjadwalan Fakultas Teknik dengan penjadwalan pada penelitian ini ditampilkan pada Tabel Perbandingan Jadwal Lama dengan Jadwal Baru.

Analisis Sensitivitas dalam penelitian ini menghasilkan kesimpulan bahwa setiap perubahan koefisien fungsi tujuan juga mengakibatkan perubahan solusi optimal. Perubahan koefisien yang merupakan preferensi mengajar bagi setiap dosen dapat berubah sewaktu-waktu. Jika hal tersebut terjadi maka penjadwalan harus dilakukan kembali untuk menghasilkan solusi optimal yang baru.

Penjadwalan yang selama ini dilakukan oleh pihak Teknik Industri Fakultas Teknik masih dengan cara manual. Padahal sebenarnya banyak cara dan banyak *software* yang dapat membantu penjadwalan perkuliahan. Model ILP yang dipakai dalam penelitian ini sebenarnya dapat dikembangkan untuk menjadi *decision support system* bagi penjadwalan di Teknik Industri Fakultas Teknik. Walaupun masih memiliki banyak kekurangan namun penelitian ini diharapkan dapat mendorong pengaplikasian metode penjadwalan yang lebih ilmiah.

No	Nama Dosen	Kode Dosen	Mata Kuliah	Kode Mata Kuliah	Jadwal Lama		Jadwal Baru	
					Hari	Sesi	Hari	Sesi
1	S. Litiloly, S.Si, MT	17	Fisika Dasar A	07	Senin	1	Senin	1
2	Ir. D. Iela, MT	18	Material Teknik A	01	Kamis	5	Rabu	4
3	M. Talakua, S.Pd, M.Si	19	Kalkulus I A	03	Senin	2	Kamis	3
4	Victor O. Lawalata, ST, MT	14	Pengantar Teknik Industri A	05	Senin	3	Rabu	2
5	Ny. M. Y. S. Risakotta, S.Si, M.Sc	20	Fisika Dasar B	08	Selasa	2	Selasa	4
6	Ir. B. Jamlean, MSi	05	Mengggambar Teknik A	09	Senin	4	Senin	3
7	Richard A. de Fretes, ST,MT	15	Kalkulus I B	04	Senin	5	Kamis	1
8	A. Y. Leiwakabessy, ST, MT	21	Mengggambar Teknik B	10	Kamis	1	Senin	5
9	Ir. D. Tumanan, MSIE	01	Pengantar Teknik Industri B	06	Selasa	1	Kamis	2
10	Ir. R. Ufie, MT	22	Kimia Dasar B	12	Rabu	3	Selasa	5
11	Ir. B. Jamlean, MSi	05	Material Teknik B	2	Rabu	3	Kamis	2
12	Stevianus Titaley, ST, MSi	12	Pengantar Ekonomi B	14	Rabu	3	Selasa	5
13	Ir. B. Jamlean, MSi	05	Pengantar Ekonomi A	13	Selasa	3	Kamis	4
14	F. J. D. C. Tanasale, S.Si, M.Si	23	Kimia Dasar A	11	Rabu	2	Rabu	5
15	Daniel B. Paillin, ST, MT	13	Dasar Komputer & Pemograman	15	Selasa	4	Senin	4
16	Dr. Ir. M. Tukan, BSE, MT	02	Ekonomi Teknik B	16	Kamis	4	Kamis	5
17	Nn. Imelda Ch. Poceratu, M. Teol	16	Agama Kristen Protestan	18	Selasa	5	Selasa	1
18	Ny. R. Suat, S.Ag	25	Pendidikan Agama Islam	20	Rabu	1	Selasa	3
19	Ir. D. Tumanan, MSIE	01	Statistik Industri	22	Rabu	4	Rabu	1
20	Ir. A. Rahawarin, MSIE	03	Vektor Dan Matriks	23	Kamis	2	Selasa	2
21	P. D. Narahayaan, S.Pak, M.Hum	26	Pendidikan Agama Khatolik	21	Selasa	3	Senin	2
22	Hanok. Mandako, ST,MT	10	Perilaku & Peranc. Organisasi	24	Selasa	4	Selasa	3
23	Ir. J. Liklikwatil, MT	04	Ekonomi Teknik B	17	Rabu	5	Senin	4

Kesimpulan

Fakultas Teknik merupakan salah satu Fakultas yang terdapat di Universitas Pattimura. Kegiatan yang dilakukan oleh Fakultas Teknik Universitas Pattimura salah satunya adalah penjadwalan perkuliahan untuk seluruh mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Pattimura. Program Studi Teknik Industri merupakan bagian dari Fakultas Teknik yang juga membutuhkan penjadwalan perkuliahan. Setelah melakukan penelitian mengenai penjadwalan perkuliahan pada Program Studi Teknik Industri menggunakan metode *Integer Linear Programming* maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- Fungsi tujuan dan fungsi kendala dalam penjadwalan dapat dirumuskan sehingga didapatkan solusi optimal berupa 64 penjadwalan dalam seminggu, tidak ada penjadwalan yang bentrok bagi dosen yang mengampu lebih dari satu matakuliah, tidak ada penjadwalan yang berurutan bagi dosen yang mengampu lebih dari satu matakuliah dan tidak ada penjadwalan yang bentrok antara matakuliah pada semester yang sama.
- Penjadwalan perkuliahan dapat dilakukan dengan menggunakan metode *Integer Linear Programming* dengan fungsi kendala yang disesuaikan dengan kebutuhan penjadwalan universitas sehingga didapatkan jadwal perkuliahan yang lebih baik.

Saran

Berdasarkan pada manfaat yang telah dibuat sebelumnya, maka terdapat saran yang dapat diberikan kepada beberapa pihak. Saran tersebut meliputi:

- Pihak akademik Fakultas Teknik Universitas Pattimura sebagai pembuat jadwal perkuliahan dapat menggunakan metode yang lebih ilmiah dalam melakukan penjadwalan perkuliahan, misalnya dengan metode ILP, dan juga dapat menerapkan penjadwalan hasil dari penelitian ini kedepan. Pihak mahasiswa dapat meningkatkan pemahaman dan wawasannya tentang aplikasi metode *integer linear programming* dalam kehidupan nyata khususnya dalam penjadwalan perkuliahan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, David R., Sweeney, Denis J., dan William, Thomas A. 1996. *Manajeemen Sains Pendekatan Kuantitatif untuk Pengambilan Keputusan Manajemen*, Terjemahan Ancella A. Hermawan dari an *Introduction to Management Science Quantitative Approach to Decision Making*. Jakarta: Penerbit Erlangga
- Daskalaki, S., Birbas, T., dan Houses, E. 2003. *An Integer Programming Formulation for a Case Study in University Timetabling*. <http://www.elsevier.co/locate/dsw>.
- Hadi Paramu, 2006. *Dasar-dasar Pemograman Linier*, Jember. Jember University Press
- Heiser, Jay dan Render, Barry. 2005. *Manajemen Operasi* Terjemahan Dwianoegrahwati Setyoningsih dan Indra Almahdy dari *Operation Management*. Jakarta: Penerbit Salemba Empat
- Herjanto, Eddy. 2008. *Manajemen Operasi*. Jakarta : Grasindo
- Prasetya, Hery dan Fitri Lukiaastuti. 2009. *Manajemen Operasi*. Yogyakarta: Medpress.
- Supranto, Johannes. 1991. *Teknik Pengambilan Keputusan*. Jakarta: Penerbit Rineka Cipta
- Suyitno, H. 1997. *Program Linier*. Semarang: FMIPA IKIP Semarang
- Wahyujati, AJie. 2008. *Integer Programming Operation Research 2*. Jakarta
- Zulkifli A. M. 2009. *Manajemen Sistem Informasi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama